

СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПРОЦЕССАМИ НА ОСНОВЕ ПАТТЕРНОВ

Т. И. МИХЕЕВА¹, О. К. ГОЛОВНИН²

¹ mikheevati@its-spc.ru, ² golovnin@ssau.ru

ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева»
(Самарский университет)

Поступила в редакцию 11 декабря 2018 г.

Аннотация. Задача структурно-параметрического синтеза системы управления транспортными процессами требует выполнения декомпозиции предметной области на классы объектов и определения регламента отношений, влияния атрибутов объектов различных классов, соподчиненности объектов и классов, для чего резонно использовать атрибутно-ориентированные модели, построенные на основе объектно-ориентированных и геоинформационных технологий. Статья посвящена структурно-параметрическому синтезу сетецентрической системы управления транспортными процессами на основе теории паттернов и атрибутно-ориентированных моделей классов предметной области. Рассмотрены современные эффективные технологии, используемые для синтеза систем управления транспортными процессами. Разработаны паттерны синтеза системы управления, формируемой на основе геоинформационной системы с электронной картой урбанизированной территории. Описаны паттерны, обеспечивающие формирование атрибутивных, топологических, знаковых и функциональных зон управления. Паттерны атрибутного зонирования представляют каждый класс объектов, наполняющих транспортную инфраструктуру, в виде набора атрибутов, описывающих различные аспекты объекта: структурные, параметрические, функциональные. Паттерны топологического зонирования предназначены для инкапсуляции пространственных функций, обеспечивающих дислокацию и пространственный анализ объектов. Паттерны знакового зонирования описывают влияние объектов, процессов и явлений транспортной инфраструктуры на транспортные потоки, при этом влияние рассматривается с точки зрения знаковой однородности. Паттерны функционального зонирования предназначены для решения задач мониторинга, управления перевозками, транспортными потоками и обеспечения безопасности. Построена иерархия архитектурных уровней системы, описана структура взаимодействия компонентов и общая схема системы управления. При синтезе системы управления транспортными процессами учитывается территориальная распределенность источников и баз данных. Преимущества предложенной архитектуры в задаче управления транспортными процессами заключаются в надежности системы, гибкости настройки и модификации без изменения функционирования всей системы в целом, свободе выбора программного обеспечения для реализации системы, подсистем, модулей. Децентрализованный подход к синтезу системы позволяет адаптироваться к специфическим требованиям при управлении транспортными процессами, когда для решения возникающих задач требуется формировать различные конфигурации подсистем и обеспечивать их взаимодействия.

Ключевые слова: геоинформационная система; сетецентрическое управление; паттерн; транспортный поток; транспортный процесс; ГИС.

ВВЕДЕНИЕ

Анализ моделей, методов, технологий и инструментальных средств управления транспортными процессами показывает [1, 2], что наиболее перспективные из них

основаны на обобщенных моделях транспортной инфраструктуры, получаемых с использованием методологических принципов системного анализа [3–5]. Достижение высокой адекватности моделей требует хране-

ния разнообразной информации [6–8]. Хранение и атрибутными данными наиболее эффективно осуществляется в среде геоинформационной системы [9–11].

Задача структурно-параметрического синтеза системы управления транспортными процессами потребует выполнения декомпозиции предметной области на классы объектов и определения регламента отношений, влияния атрибутов объектов различных классов, соподчиненности объектов и классов, для чего резонно использовать атрибутно-ориентированные модели, построенные на основе объектно-ориентированных и геоинформационных технологий [12, 13].

Одна из старейших задач в области разработки систем управления транспортными процессами – интеграция разнородных гетерогенных данных. Атрибутно-ориентированное проектирование является эффективной методологией построения сложных систем, использующих разнородные гетерогенные данные, к классу которых относится сетевая система зонального управления транспортными процессами [14].

Сетевая система управления представляет собой систему, в которой объектом управления является распределенная система. Основу сетевого управления составляют модели систем объектов, взаимодействующих в едином информационном пространстве [15, 16].

Теория паттернов обладает большой гибкостью, глубиной математических и философских идей и может быть использована в различных областях знаний [17–19]. Привлекательно ее использование для синтеза зональной сетевой системы управления транспортными процессами [20, 21].

ПАТТЕРНЫ СИНТЕЗА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Под паттерном проектирования будем понимать описание взаимодействия объектов и классов, адаптированных для решения общей задачи проектирования в конкретном контексте.

ПАТТЕРНЫ АТРИБУТНОГО ЗОНИРОВАНИЯ

Каждый класс объектов, наполняющих транспортную инфраструктуру (ТрИ), представляется в виде набора атрибутов, описывающих различные аспекты объекта: структурные, параметрические, функциональные.

Семантический атрибут. Паттерн «Семантический атрибут» описывает характеристику объекта ТрИ, относящуюся к сущности класса объекта. Семантические атрибуты описывают «смысл» объекта ТрИ.

Например, тип $type^Z \in N = \{1, 2, \dots, n\}$ дорожного знака, определенный ГОСТ Р 52290-2004, является семантическим атрибутом объектов класса $\tilde{t}_i^Z \in \tilde{T}^Z$. Данный атрибут определяет «сущность» знака и его управляющее воздействие \tilde{U} .

Тематический атрибут. Паттерн «Тематический атрибут» предназначен для осуществления привязки объектов классов, наполняющих ТрИ, к тематическому слою электронной карты. Паттерн описывает атрибут, определяющий принадлежность объекта ТрИ тематическому слою электронной карты. Атрибут не описывает пространственное расположение объекта ТрИ.

Например, объекты классов «Светофор» и «Дорожный_знак» привязаны тематическим атрибутом к слою электронной карты «Опоры», содержащим информацию о пространственном расположении точек дислокации объектов ТрИ, монтируемых на кронштейнах, консолях, независимых, световых опорах и опорах-растяжках.

Другой пример: сигнальные столбики, дорожные и пешеходные ограждения привязаны к тематическому слою «Ограждения», который обобщает их по функциональному назначению (направляющие и ограждающие функции).

Пространственный атрибут. Паттерн «Пространственный атрибут» описывает расположение объекта ТрИ в пространстве с использованием одной из общепринятых систем координат, например WGS-84, но не описывает его принадлежность тематическому слою.

Атрибут визуализации. Паттерн «Атрибут визуализации» описывает способ базового представления объекта ТрИ на электронной

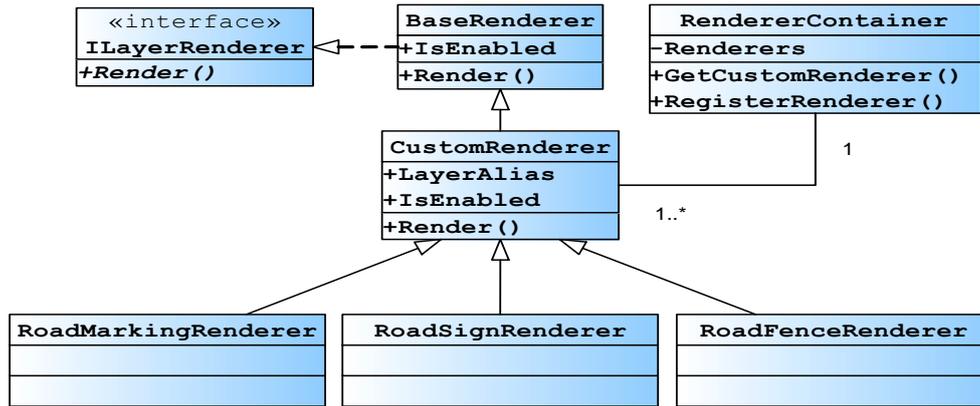


Рис. 1. Диаграмма реализации паттерна «Атрибут визуализации»

карте. Если данный атрибут указан, то отображение происходит в соответствии с описанным методом для объектов класса $\text{Algorithm} \Rightarrow \text{A_CustomRenderer}$, если атрибут не указан, то в соответствии с общепринятым представлением

$\text{Algorithm} \Rightarrow \text{A_BaseRenderer}$ (рис. 1).

Например, для задач, требующих визуализации типов дорожной разметки, применяется A_CustomRenderer

$\Rightarrow \text{A_RoadMarkingRenderer}$,

представляющий линию дорожной разметки изображением, определенным ГОСТ Р 52290-2004. Для задач, не требующих точной визуализации, линия дорожной разметки представляется ломаной линией единичной толщины.

Генератор атрибутов. Паттерн «Генератор атрибутов» предназначен для формирования набора атрибутов, требуемых какому-либо применяемому методу в среде синтезируемой системы.

Например, существуют различные способы описания состава транспортного потока $\tilde{S} = \{\tilde{s}_i\}$, выдвинутые в нормативно-правовых или отраслевых методических документах. Для формирования набора атрибутов, описывающих состав транспортного потока (ТрП) в соответствии с применяемым способом, используется реализация паттерна «Генератор атрибутов». Для каждого способа описания состава ТрП формируется набор типов транспортных средств Type^S и коэффициенты приведения к легковому автомобилю $k_i^{\tilde{S}}$. Такой способ позволяет единообразно использовать в системе

данные о составе ТрП, полученные и обработанные различными способами.

Атрибутный фильтр. Паттерн «Атрибутный фильтр» предназначен для отбора атрибутов, требуемых для выполнения какой-либо операции. Для реализации паттерна описываются ограничения на значения атрибута: «входит в набор», «содержит», «равно», «больше», «меньше», «не» (отрицание). На один атрибут может быть наложена комбинация ограничений. Например, для формирования правил приоритета при проезде нерегулируемых перекрестков ($\text{Algorithm} \Rightarrow \text{A_MainRoad}$), требуется получить информацию о том, какая дорога является главной, а какая – второстепенной. Для этого формируется атрибутный фильтр, позволяющий получить информацию о существующих дорожных знаках приоритета и зоне их действия. Другим примером может выступить задача формирования мест концентрации дорожно-транспортных происшествий (ДТП) – «очагов аварийности». Метод поиска очагов аварийности $\text{Algorithm} \Rightarrow \text{A_FireCenter}$ запрашивает атрибуты ДТП, описывающие пространственную и временную привязку ДТП.

ПАТТЕРНЫ ТОПОЛОГИЧЕСКОГО ЗОНИРОВАНИЯ

Паттерны топологического зонирования предназначены для инкапсуляции пространственных функций, обеспечивающих дислокацию и пространственный анализ объектов ТрИ. Реализация каждого паттерна топологического зонирования включает в себя следующие инструменты:

- создание объекта – инструмент, обеспечивающий комплекс мероприятий по дислокации объекта ТрИ на электронную карту: указание семантических атрибутов объекта ТрИ (сущность объекта), указание тематического атрибута объекта (тематический слой карты), указание пространственного атрибута (расположение);

- редактирование пространственного атрибута – инструмент, позволяющий изменить пространственное представление объекта;

- редактирование способа визуализации – инструмент, позволяющий описать способ визуализации объекта `Algorithm` \Rightarrow `A_CustomRenderer` и задать атрибут визуализации;

- удаление объекта – инструмент, обеспечивающий удаление всех созданных атрибутов: семантических, тематического и топологического.

Объект-точка. Паттерн «Объект-точка» описывает инструменты зонирования объектов ТрИ, чье пространственное расположение может быть представлено точкой $coord \in Z^{1 \times 2}$, где $Z^{1 \times 2}$ – множество векторов размером 2. Объект-точка представляет объект ТрИ, который в геометрическом смысле характеризуется своим положением в пространстве, но не размерами. В качестве объекта-точки в синтезируемой системе выступают узлы графа улично-дорожной сети (УДС), опоры дорожных знаков и светофоров, камеры фиксации правонарушений, инциденты, придорожные объекты. Инструмент, позволяющий изменять пространственное представление объекта-точки, реализует только функцию перемещения точки.

Объект-линия. Паттерн «Объект-линия» описывает инструменты зонирования объектов ТрИ, чье пространственное расположение может быть представлено линией или ломаной линией $coord \in Z^{2 \times k}$, где $Z^{2 \times k}$ – множество матриц размером $2 \times k$. Объект-линия (в геометрическом смысле) – это кривая в пространстве, являющаяся основным базисом для обозначения путей перемещения и протяженных объектов ТрИ в пространстве. В качестве объекта-линии в системе выступают дуги графа УДС, сечения

участка УДС, линии дорожной разметки, ограждения. Инструмент, позволяющий изменять пространственное представление объекта-линии, реализует функции перемещения по электронной карте и поворота объекта-линии, позволяет редактировать каждую точку, составляющую линию, в отдельности от остальных.

Объект-полигон. Паттерн «Объект-полигон» описывает инструменты зонирования объектов ТрИ, чье пространственное расположение может быть представлено координатами вершин многоугольника $coord \in Z^{2 \times k}$, где $Z^{2 \times k}$ – множество матриц размером $2 \times k$, первая и последняя координаты совпадают. Объект-полигон – абстракция для обозначения объектов ТрИ, имеющих протяженность в двумерном пространстве. Область, представленная объектом-полигоном, может иметь отверстия (пустоты) и состоять из нескольких непересекающихся частей. В качестве объекта-полигона в системе выступают участки УДС и их производные, например, магистрали.

Инструмент, позволяющий изменять пространственное представление объекта-полигона, реализует функции перемещения по электронной карте и поворота объекта-полигона, позволяет редактировать каждую точку, составляющую полигон, в отдельности от остальных, позволяет добавлять в полигон отверстия или формировать полигон из непересекающихся частей.

ПАТТЕРНЫ ЗНАКОВОГО ЗОНИРОВАНИЯ

Паттерны знакового зонирования описывают влияние объектов, процессов и явлений ТрИ на ТрП, при этом влияние рассматривается с точки зрения знаковой однородности объектов классов предметной области «Управление транспортными процессами».

Камера фиксации правонарушений. Паттерн «Камера фиксации правонарушений» определяет пространственный (точечный) объект ТрИ, обладающий положительным влиянием на индекс эффективности управления. Радиус влияния определяется рабочей областью дислоцированной камеры. Мощность влияния камер фиксации зависит от типа фиксируемого нарушения.

Очаг аварийности. Очаг аварийности на перегоне или перекрестке в долгосрочной перспективе приводит к ухудшению дорожной ситуации. Своевременные контрмеры позволяют снизить мощность влияния очага аварийности на ТрП. Паттерн «Очаг аварийности» определяет пространственный (точечный) объект ТрИ, обладающий отрицательным влиянием на индекс эффективности управления. Радиус влияния очага аварийности определяется его расположением: для перекрестка – это зона перекрестка, для перегона – зона с радиусом 50 м.

Ремонт дороги. Паттерн «Ремонт дороги» определяет пространственный (полигональный) объект ТрИ, обладающий отрицательным влиянием на индекс эффективности управления. Радиус влияния определяется пространственным представлением «Ремонта дороги» – полигоном.

ПАТТЕРНЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЗОНИРОВАНИЯ

Паттерны функционального зонирования предназначены для решения задач мониторинга, управления перевозками, транспортными потоками и обеспечения

безопасности.

Атрибут-статус. Паттерн «Атрибут-статус» определяет атрибут, обозначающий текущее состояние связанного с атрибутом объекта ТрИ: установлен ли объект на УДС (существует), требуется установить данный объект (установить), требуется демонтировать данный объект (демонтировать). Атрибут-статус присоединяется ко всем объектам ТрИ, наличие которых или отсутствие может привести к выработке управляющих воздействий. Например, дорожные знаки, установленные на УДС, помечаются статусом «существует». При разработке необходимой и достаточной дислокации дорожных знаков, существующие дорожные знаки могут быть помечены статусом «демонтировать», если их расположение или управляющее воздействие некорректно. Проектируемые дорожные знаки помечаются статусом «установить». Такое описание состояний объектов ТрИ позволяет решать как задачи управления, так и задачи инвентаризации и обслуживания.

Экспертная дислокация ТСОДД. Паттерн позволяет осуществлять поддержку

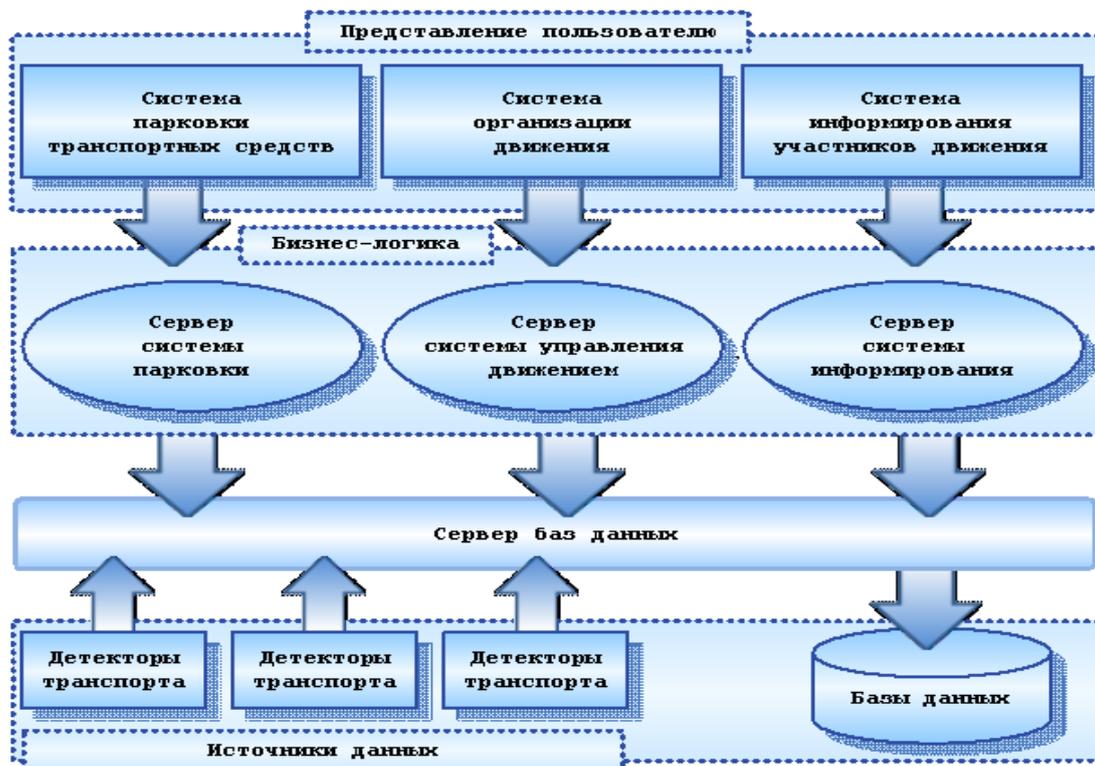


Рис. 2. Иерархия архитектурных уровней системы

принятия решений по дислокации технических средств организации дорожного движения (ТСОДД), просматривая описания прецедентов (паттернов) решения аналогичных задач в базе данных. Для этого формируется отдельная база данных «Прецеденты», состоящая из описаний прецедентов, отражающих характерные свойства задачи поиска решения. Принятие решения сводится к сопоставлению паттернов с описанием текущей ситуации поиска решения.

Знак маршрутного ориентирования. Дорожные знаки маршрутного ориентирования могут использоваться для канализирования ТрП. Паттерн знака маршрутного ориентирования описывает его нормативные размеры и правила формирования содержимого.

Дорожный знак переменной информации. Эффективными средствами воздействия на ТрП являются управляемые дорожные знаки и табло переменной информации.

Для формирования модели управления таким знаком используется паттерн «Дорожный знак переменной информации», описывающий все возможные изображения.

АРХИТЕКТУРНЫЕ ПАТТЕРНЫ

Синтезируемая система управления представляет собой многоуровневую сеть взаи-

модействующих друг с другом подсистем, обеспечивающих различные направления функционирования системы (рис. 2).

Структурные элементы системы организуются в отдельные уровни с взаимосвязанными функциями следующим образом: на нижнем уровне располагаются службы общего назначения, на более высоких – службы, обеспечивающие бизнес-логику и предоставление пользователю.

Уровень представления охватывает средства обеспечения взаимодействия пользователя с системой. К функциям верхнего уровня представления относится отображение информации и интерпретация вводимых пользователем команд, которые преобразуются для выполнения операций с привлечением бизнес-логики. Источник данных представляет сервисы, обеспечивающие взаимодействие со сторонними системами, например, с целью получения данных.

При синтезе системы управления транспортными процессами учитывается территориальная распределенность источников и баз данных: данные, которые система использует в процессе функционирования, могут храниться не только в базах данных самой системы, но и в базах данных обслуживающих транспортную инфраструктуру

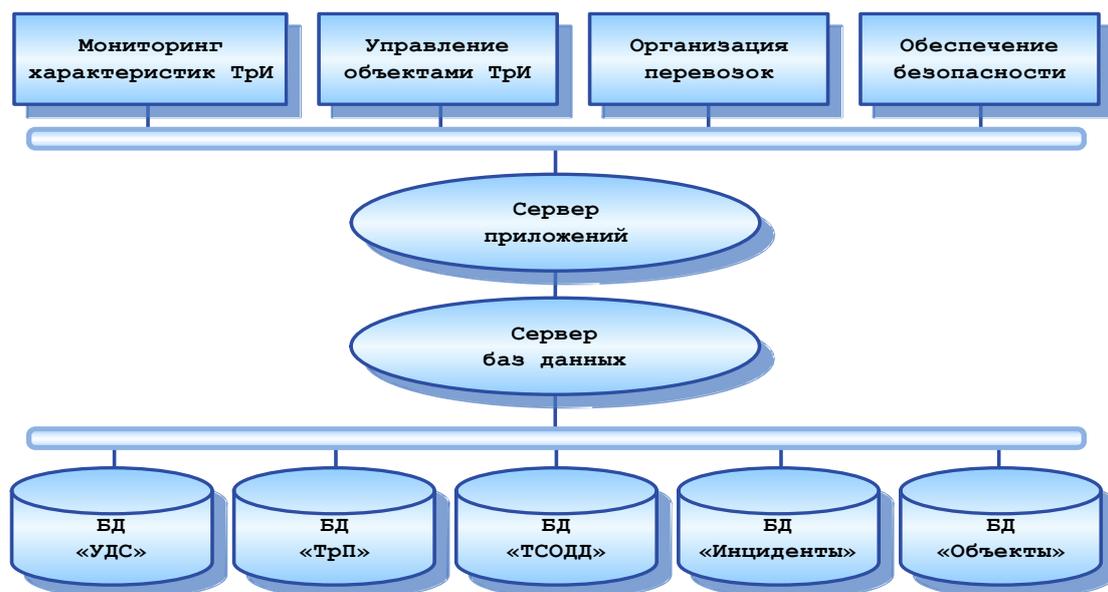


Рис. 3. Структура взаимодействия компонентов системы

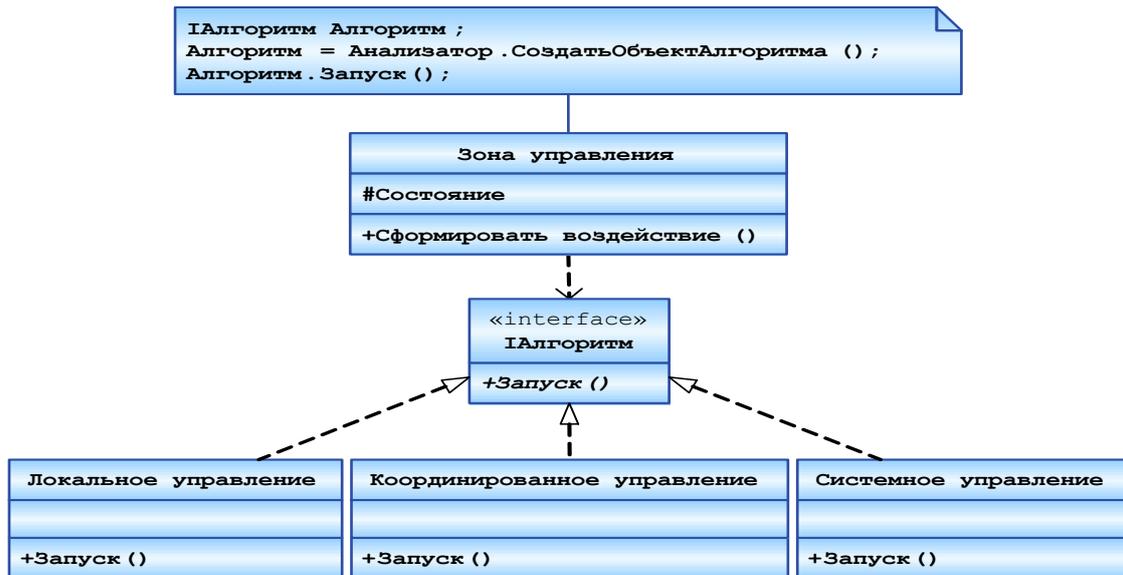


Рис. 4. Диаграмма реализации паттерна управления транспортными процессами

организаций. Описанная трехуровневая архитектура является основной концепцией создания системы управления транспортными процессами, т.к. при такой структуре любая организация может интегрироваться в синтезируемую систему со своей существующей базой данных или транспортной (дорожной) геоинформационной системой, содержащей сведения об объектах, процессах и явлениях ТрИ.

Преимущества трехуровневой архитектуры в задаче управления транспортными процессами заключаются в: надежности системы (за счет возможности включения в конфигурацию резервирующих серверов), гибкости настройки и модификации без изменения функционирования всей системы в целом, свободе выбора программного обеспечения для реализации системы, подсистем, модулей.

Децентрализованный подход к синтезу системы позволяет адаптироваться к специфическим требованиям при управлении транспортными процессами, когда для решения возникающих задач требуется формировать различные конфигурации подсистем и обеспечивать их взаимодействия.

Гибридность и многофункциональность синтезируемой системы требует определения механизма взаимодействия нескольких разнородных подсистем, их интеграции в

единое пространство данных и функционалов.

Интегрирующей средой (интегратором) является сервер приложений, предоставляющий сервисы системы и определяющий интерфейсы доступа к ним (рис. 3).

Основные функции, выполняемые сервером приложений:

- проверка и разграничение прав доступа пользователей и подсистем к данным;
- связь баз данных с остальными компонентами системы;
- синхронизация данных у всех подключенных клиентов;
- организация многопользовательского доступа к данным с разрешением конфликтов.

Системы управления базами данных со стандартными интерфейсами доступа, к которым обращаются клиентские приложения, объединены через сервер баз данных. Такая организация доступа к данным позволяет автоматически отображать изменения, произведенные в одном из клиентских приложений, в других. За решение конфликтов конкурирующих изменений в данных на этом уровне отвечает сервер баз данных.

В синтезируемой системе (рис. 4) знание текущей информации о динамическом состоянии зоны управления позволяет органи-

зовать оптимальное управление с адаптацией к изменяющимся внешним условиям и принимать своевременные решения при возникновении нештатных ситуаций на УДС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье разработаны паттерны синтеза системы управления, обеспечивающие формирование атрибутивных, топологических, знаковых и функциональных зон управления в синтезируемой системе.

Разработана многоуровневая архитектура системы управления транспортными процессами, формируемая на основе геоинформационной системы с электронной картой урбанизированной территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Singh B., Gupta A. Recent trends in intelligent transportation systems: a review // *Journal of Transport Literature*. 2015. Vol. 9(2). P. 30–34. [B. Singh, A. Gupta, "Recent trends in intelligent transportation systems: a review," in *Journal of Transport Literature*, vol. 9(2), pp. 30-34, 2015.]
2. GIS and transport modeling—Strengthening the spatial perspective / M. Loidl [et al.] // *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2016. Vol. 5(6): 84. [M. Loidl, et al., "GIS and transport modeling—Strengthening the spatial perspective," in *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 5(6): 84, 2016.]
3. Applications of big data to smart cities / E. Al Nuaimi [et al.] // *Journal of Internet Services and Applications*. 2015. Vol. 6(1): 25. [E. Al Nuaimi, et al., "Applications of big data to smart cities," in *Journal of Internet Services and Applications*, vol. 6(1): 25, 2015.]
4. Large-scale, high-fidelity dynamic traffic assignment: framework and real-world case studies / Q. Yang [et al.] // *Transportation research procedia*. 2017. Vol. 25. P.1290–1299. [Q. Yang, et al., "Large-scale, high-fidelity dynamic traffic assignment: framework and real-world case studies," in *Transportation research procedia*, vol. 25, pp. 1290-1299, 2017.]
5. FOCAN: A fog-supported smart city network architecture for management of applications in the internet of everything environments / P.G.V. Naranjo [et al.] // *Journal of Parallel and Distributed Computing*. 2018. [P.G.V. Naranjo, et al., "FOCAN: A fog-supported smart city network architecture for management of applications in the internet of everything environments," in *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 2018.]
6. Deng Y., Cheng J. C., Anumba C. A framework for 3D traffic noise mapping using data from BIM and GIS integration // *Structure and Infrastructure Engineering*. 2016. Vol. 12 (10). P. 1267–1280. [Y. Deng, J. C. Cheng, C. Anumba, "A framework for 3D traffic noise mapping using data from BIM and GIS integration," in *Structure and Infrastructure Engineering*, vol. 12(10), pp. 1267-1280, 2016.]
7. Davoodi M., Mesgari M. S. GIS-based route finding using ant colony optimization and urban traffic data from different sources // *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2015. Vol. 40(1). P. 129–133. [M. Davoodi, M. S. Mesgari, "GIS-based route finding using ant colony optimization and urban traffic data from different sources," in *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 40(1), pp. 129-133, 2015.]
8. Çepni M. S., Arslan O. A GIS Approach to Evaluate Infrastructure Variables Influencing the Occurrence of Traffic Accidents in Urban Roads // *International Journal of Environment and Geoinformatics*. 2017. Vol. 4(1). P. 17–24. [M. S. Çepni, O. Arslan, "A GIS Approach to Evaluate Infrastructure Variables Influencing the Occurrence of Traffic Accidents in Urban Roads," in *International Journal of Environment and Geoinformatics*, vol. 4(1), pp. 17-24, 2017.]
9. Analysis of Present Transport System of Aurangabad City Using Geographic Information System / D. B. Nalawade, et al. // *International Journal of Computer Sciences and Engineering*. 2015. Vol. 3. P. 124–128. [D. B. Nalawade, et al., "Analysis of Present Transport System of Aurangabad City Using Geographic Information System," in *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, vol. 3, pp. 124-128, 2015.]
10. Don't go with the ant flow: Ant-inspired traffic routing in urban environments / J. Dallmeyer [et al.] // *Journal of Intelligent Transportation System*. 2015. Vol. 19(1). P. 78–88. [J. Dallmeyer, et al., "Don't go with the ant flow: Ant-inspired traffic routing in urban environments," in *Journal of Intelligent Transportation System*, vol. 19(1), pp. 78-88, 2015.]
11. Sun L., Yin Y. Discovering themes and trends in transportation research using topic modeling // *Transportation Research Part C*. 2017. Vol. 77. P. 49–66. [B. Singh, A. Gupta, "Discovering themes and trends in transportation research using topic modeling," in *Transportation Research Part C*, vol. 77, pp. 49-66, 2017.]
12. Traffic management and forecasting system based on 3D GIS / X. Li [et al.] // *15th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing*, (4-7 May 2015, Shenzhen, China), 2015. P. 991–998. [X. Li, et al., "Traffic management and forecasting system based on 3D GIS," in *15th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing*, Shenzhen, 2015, pp. 991-998.]
13. Golovnin O., Fedoseev A., Mikheeva T. Intelligent geographic information platform for transport process analysis // *CEUR Workshop Proceedings*. 2017. Vol. 1901. P. 78–85. [O. Golovnin, A. Fedoseev, T. Mikheeva, "Intelligent geographic information platform for transport process analysis," in *CEUR Workshop Proceedings*, vol. 1901, pp. 78-85, 2017.]
14. Golovnin O., Mikheeva T. Detailed Models and Network-Centric Technologies of Transport Process Management // *5th IEEE International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems* (26–28 June 2017, Napoli, Italy), 2017. P. 768–773. [O. Golovnin, T. Mikheeva, "Detailed Models and Network-Centric Technologies of Transport Process Management," in *Proc. 5th IEEE International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS 2017)*, Napoli, 2017, pp. 768-773.]
15. Network-centric performance analysis of runtime application migration in mobile cloud computing / E. Ahmed [et al.] // *Simulation Modelling Practice and Theory*. 2015. Vol. 50. P. 42–56. [E. Ahmed, et al., "Network-centric performance analysis of runtime application migration in mobile cloud

computing,” in *Simulation Modelling Practice and Theory*, vol. 50, pp. 42-56, 2015.]

16. **Abdul Aziz H.M., Ukkusuri S.V.** Network traffic control in cyber-transportation systems accounting for user-level fairness // *Journal of Intelligent Transportation Systems*. 2016. Vol. 20(1). P. 4–16. [H.M. Abdul Aziz, S.V. Ukkusuri, “Network traffic control in cyber-transportation systems accounting for user-level fairness,” in *Journal of Intelligent Transportation Systems*, vol. 20(1), pp. 4-16, 2016.]

17. **Constraints** as a design pattern / H. Samimi [et al.] // *ACM International Symposium on New Ideas, New Paradigms, and Reflections on Programming and Software (Onward!)* (25–30 October 2015, Pittsburgh, USA), 2015. P. 28–43. [H. Samimi, et al., “Constraints as a design pattern,” in *Proc. ACM International Symposium on New Ideas, New Paradigms, and Reflections on Programming and Software (Onward!)*, Pittsburgh, 2015, pp. 28-43.]

18. **Yu D., Zhang Y., Chen Z.** A comprehensive approach to the recovery of design pattern instances based on sub-patterns and method signatures // *Journal of Systems and Software*. 2015. Vol. 103. P. 1–16. [D. Yu, Y. Zhang, Z. Chen, “A comprehensive approach to the recovery of design pattern instances based on sub-patterns and method signatures,” in *Journal of Systems and Software*, vol. 103, pp. 1-16, 2015.]

19. **Bai J., Luo H., Qin F.** Design pattern modeling and extraction for CAD models // *Advances in Engineering Software*. 2016. Vol. 93. P. 30–43. [J. Bai, H. Luo, F. Qin, “Design pattern modeling and extraction for CAD models,” in *Advances in Engineering Software*, vol. 93, pp. 30-43, 2016.]

20. **A design** pattern for decentralised decision making / A. Reina [et al.] // *PLoS One*. 2015. Vol. 10(10): e0140950. [A. Reina, et al., “A design pattern for decentralised decision making,” in *PLoS One*, vol. 10(10): e0140950, 2015.]

21. **Research** on Design Pattern of City Tunnel Side Wall Based on the Driver Visual Effect / Z. Xia [et al.] // *Proc. of the AHFE 2016 International Conference on Human Factors in Transportation*, (27-31 July 2016, Florida, USA), 2016. P. 689-701. [Z. Xia, et al., “Research on Design Pattern of City Tunnel Side Wall Based on the Driver Visual Effect,” in *Proc. of the AHFE 2016 International Conference on Human Factors in Transportation*, Florida, 2016, pp. 689-701.]

ОБ АВТОРАХ

МИХЕЕВА Татьяна Ивановна, проф. каф. информационных систем и технологий. Дипл. инж.-с/техн. (КУАИ, 1979). Д-р техн. наук (СГАУ, 2007). Иссл. в обл. интел. транспортных систем, теории паттернов, методов проектирования сложных систем, пространственного анализа данных.

ГОЛОВНИН Олег Константинович, доц. каф. информационных систем и технологий. Дипл. инж. (СГАУ, 2012). Канд. техн. наук (Самарский университет, 2016) Иссл. в обл. системной инженерии, информационных технологий на транспорте, геоинформационных систем.

METADATA

Title: A distributed GIS synthesis based on design patterns for network-centric traffic management.

Authors: T. I. Mikheeva¹, O. K. Golovnin²

Affiliation:

Samara National Research University (Samara University), Russia.

Email: ¹ mikheevati@its-spc.ru,
² golovnin@ssau.ru.

Language: Russian.

Source: SIIT, no. 1, pp. 22-31, 2019. ISSN 2658-5014 (Print).

Abstract: The task of structural-parametric synthesis of a transport management system requires the decomposition of the subject area into classes of objects and the definition of relationship rules, the influence of attributes of objects of various classes, the hierarchy of objects and classes, for which reason to use attribute-oriented models built on the basis of object-oriented and geo-information technologies. The article is devoted to the structural-parametric synthesis of the network-centric control system of transport processes based on the theory of patterns and attribute-oriented models of the domain classes. A network-centric control system is a system in which the control object is a distributed system. The basis of network-centric management consists of models of systems of objects interacting in a single information space. Considered modern efficient technologies used for the synthesis of control systems of transport processes. Patterns of synthesis of a control system developed on the basis of a geographic information system with an electronic map of an urbanized area have been developed. The patterns are described that provide the formation of attribute, topological, sign and functional control zones. Attribute zoning patterns represent each class of objects that fill the transport infrastructure as a set of attributes that describe various aspects of the object: structural, parametric, and functional. Patterns of topological zoning are designed to encapsulate spatial functions that ensure the dislocation and spatial analysis of objects. Patterns of sign zoning describe the influence of objects, processes and phenomena of the transport infrastructure on traffic flows, and the influence is considered from the point of view of sign homogeneity. Functional zoning patterns are designed to meet the challenges of monitoring, traffic management, traffic flow and security. The hierarchy of the architectural levels of the system has been built, the structure of interaction of the components and the general scheme of the control system are described. In the synthesis of a transport management system, the territorial distribution of sources and databases is taken into account: the data that the system uses during its operation can be stored not only in the databases of the system itself, but also in the databases of organizations serving the transport infrastructure. The structural elements of the system are organized into separate levels with interrelated functions as follows: at the lower level, there are general-purpose services, at the higher levels – services that provide business logic and presentation to the user. The presentation layer covers the means of ensuring user interaction with the system. The functions of the top level of the presentation include the display of information and the interpretation of user-entered commands that are converted to perform operations involving business logic. The data source represents services that provide interaction with third-party systems, for example, to obtain data. Hybridity and multifunctionality of the synthesized system requires the definition of the mechanism of interaction of several dissimilar subsystems, their integration into a single data space and functionals. The integrating environment (integrator) is an application server that provides system services and defines access interfaces to them. Database management systems are used

with standard access interfaces accessed by client applications that are integrated through a database server. This organization of data access allows you to automatically display changes made in one of the client applications to others. The database server is responsible for resolving conflicts of competing data changes at this level. In the synthesized system, knowledge of the current information about the dynamic state of the control zone allows you to organize optimal control with adaptation to changing external conditions and make timely decisions in case of emergency situations. The advantages of the proposed architecture in the task of managing transport processes lie in the reliability of the system, the flexibility of configuration and modification without changing the functioning of the entire system as a whole, the freedom to choose software for the implementation of the system, subsystems, modules. The decentralized approach to the synthesis of the system allows you to adapt to the specific requirements for managing transport processes, when solving the arising problems requires the formation of various subsystem configurations and their interaction.

Key words: geographic information system; network-centric control; pattern; traffic flow; transport process; GIS.

About authors:

MIKHEEVA, Tatyana Ivanovna, Prof., Dept. of Information Systems and Technologies. Dipl. Engineer (Kuibyshev Aviation Institute, 1979). Cand. of Tech. Sci. (SSAU, 1996), Dr. of Tech. Sci. (SSAU, 2007).

GOLOVNIN, Oleg Konstantinovich, Associate Prof., Dept. of Information Systems and Technologies. Dipl. Engineer (SSAU, 2012). Cand. of Tech. Sci. (Samara University, 2016).